Información General del Semillero de Investigación		
Facultad: **Ciencias Naturales e Ingeniería FCNI**		
Programa académico: **Tecnología en Gestión de Sistemas de Telecomunicaciones**	Grupo(s) de Investigación: **GNET**	
Nombre del semillero – Siglas **Semillero de investigación en Sistemas de Telecomunicaciones - SISTEL**		
Líneas de Investigación: **Sistemas de transmisión y recepción**		

Áreas del saber *			
	1. Agronomía veterinaria y afines		5. Ciencias sociales y humanas
	2. Bellas artes		6. Economía, administración, contaduría y afines
	3. Ciencias de la educación		7. Matemáticas y ciencias naturales
	4. Ciencias de la salud	x	8. Ingenierías, arquitectura, urbanismo y afines

Al diligenciar este documento autorizo a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, ubicada en Calle de los Estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas y con teléfono de contacto 6076917700, para que recolecte, almacene, use, circule y/o suprima mis datos personales. Lo anterior para dar cumplimiento a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información disponible en www.uts.edu.co, la cual declaro conocer y saber que en esta se especifican cuáles datos son sensibles. Así mismo, conozco que como titular me asisten los derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir mis datos y revocar la autorización. Igualmente declaro que poseo autorización, de los otros titulares de datos que suministro, para que UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER les dé tratamiento conforme a las finalidades consignadas en la Política.

Información del Docente Líder

Nombre	Documento	Correo electrónico
Johan Leandro Téllez Garzón	1101753049	jtellez@correo.uts.edu.co

Información de los Autores

Nombre	Documento	Correo electrónico
Jair Fernando Rico Cano	1065246888	jfrico@uts.edu.co
Daniel Edgardo Glen Gutiérrez	1005337581	dglen@uts.edu.co

Proyecto

1. Título del proyecto:	MODALIDAD DEL PROYECTO **			
Estudio comparativo entre un sistema de riego automático IoT y un sistema de riego por aspersión tradicional en el proceso de germinación de semillas de cacao en la vereda el Ramo del municipio de San Vicente de Chucurí.	PA	PI	TI	Otra. ¿Cuál?
			x	
	Fecha de creación del proyecto:			6/08/2025

2. Resumen del trabajo:

El presente proyecto tiene como objetivo comparar la efectividad de un sistema de riego automático basado en tecnología IoT con un sistema de riego por aspersión tradicional durante la germinación de semillas de cacao en la vereda El Ramo

del municipio de San Vicente de Chucurí. La germinación del cacao depende de variables críticas como la humedad y la temperatura del sustrato, las cuales son controladas de forma limitada por los métodos tradicionales de riego. Para abordar esta problemática, se desarrollará un sistema automatizado que integra sensores de humedad y temperatura, módulos programables y conectividad IoT para regular el suministro de agua según las condiciones reales del semillero. El estudio evaluará indicadores como la tasa y el tiempo de germinación, el vigor inicial de las plántulas y el consumo hídrico, generando datos en tiempo real almacenados en un servidor IoT para su análisis comparativo. Se espera que el sistema automatizado mejore la eficiencia en el uso del agua y optimice la germinación, aportando evidencia técnica para la implementación de tecnologías inteligentes en viveros de cacao. Este proyecto contribuye al fortalecimiento de la innovación tecnológica en el sector agropecuario y se articula con las líneas de investigación del programa de Gestión de Sistemas de Telecomunicaciones.

3. Planteamiento de la problemática:

La germinación de semillas de cacao es un proceso crítico que determina el éxito del establecimiento del cultivo. Factores como la humedad del suelo y la temperatura influyen directamente en la tasa y velocidad de germinación, así como en el vigor inicial de las plántulas (Piñuela, 2001).

Los métodos tradicionales de riego por aspersión aplican agua de forma homogénea y programada, lo que puede generar pérdidas en la germinación de la semilla por la evaporación y escurrimiento, afectando la uniformidad en la humedad del suelo. (Mendez, 2001)

Los semilleros pueden ser mejorados al implementar métodos de detección de las condiciones de temperatura, humedad u otros parámetros importantes para mediante herramientas tecnológicas relacionadas a IoT establecer métodos de riego automático, sin embargo, estos sistemas no han sido evaluados en condiciones de pruebas reales y comparativas con métodos tradicionales de germinación.

Se plantea la necesidad de comparar ambos métodos para determinar cuál genera mejores condiciones de germinación en semillas de cacao, evaluando variables como la tasa de germinación, tiempo medio de germinación, vigor inicial de plántulas y consumo de agua.

En este contexto se plantea la siguiente pregunta:

¿Como desarrollar y medir el impacto de un sistema de riego automático mediante dispositivos IoT programables en el proceso de germinación de plántulas de cacao, realizando una comparativa con el método de riego tradicional en una vereda del municipio de San Vicente de Chucirí?.

4. Antecedentes:

La investigación se desarrolló en predios privados de Manantay (Ucayali, Perú) entre marzo y julio de 2014, bajo condiciones de alta humedad (1904,2 mm de lluvia, 82,3 % de humedad relativa) y en suelos de textura franco arenosa, ligeramente ácidos y con contenido medio de materia orgánica. Se evaluaron los clones de cacao Pound-7, Pound-12 e IMC-67 con distintos distanciamientos, midiendo variables como germinación, altura de planta, diámetro de tallo, peso de semillas, costo, análisis de suelo y presencia de plagas.

Los resultados señalaron como primera prioridad al Pound-12 por su mejor desempeño en germinación, crecimiento y diámetro de tallo; en segundo lugar al IMC-67, por su rápido crecimiento y resistencia a plagas en vivero; y en tercer lugar al Pound-7, por su buena formación de hojas y tallo. Los tres clones mostraron una adecuada adaptación a las condiciones edafoclimáticas de Manantay – Pucallpa. (Flores, 2017)

Las semillas de Theobroma cacao L. son altamente valoradas por su contenido energético, vitaminas, minerales y antioxidantes, siendo la base del chocolate, lo que ha impulsado la expansión de su cultivo. Con el fin de conocer su comportamiento germinativo, se evaluaron semillas procedentes de La Merced-Laredo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional de Trujillo, aplicando un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Los resultados mostraron un 88,9 % de germinación, 71,1 % de emergencia y un vigor germinativo del 80,3 %. Además, el análisis de viabilidad reveló que el 40 % de las semillas fueron de alto vigor, el 35 % de bajo vigor y el 25 % no viables. (Eloy & Gil, 2017)

El estudio evaluó semillas de cacao dañadas por frío (3 °C) tratadas con diversos metabolitos, sin lograr revertir el daño. Se observó que el sistema de citocromo oxidasa no es el más sensible ante inhibidores como metales pesados o ácidos

orgánicos, mientras que las enzimas sulfhidrilo resultan cruciales para el crecimiento. Sin embargo, no se encontró relación directa entre la reducción del crecimiento y la supervivencia de las semillas. (Boroughs, 1962)

El estudio analizó el efecto del cadmio en la germinación de semillas, la morfología de plántulas y la acumulación de este metal en tres variedades de cacao (Theobroma cacao L.): CMP-99, CMP-15 y CCN-51, utilizando seis tratamientos de 0 a 250 ppm de sulfato de cadmio bajo un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron que la presencia de cadmio no afectó el porcentaje de germinación ni el poder germinativo, destacando la variedad CCN-51 con los valores más altos. No obstante, en la morfología de plántulas se observaron daños significativos en cotiledones, hojas, radícula y talluelo, siendo los tratamientos T4 (200 ppm) y T5 (250 ppm) los que generaron mayores efectos negativos en las tres variedades en comparación con el testigo. Además, se confirmó que el cacao absorbe, transloca y acumula cadmio en toda la plántula, registrándose la mayor concentración en la variedad CMP-99, seguida por CMP-15 y, en menor medida, CCN-51. (Acosta, 2013)

El proyecto analizó el efecto de tres sustratos en la germinación de cacao (Theobroma cacao v. Amanavén) en vivero en Inírida, Guainía, una variedad nativa con alto potencial comercial cuyo cultivo se ha visto limitado por la falta de conocimiento técnico sobre el sustrato más adecuado. El estudio, de enfoque cuantitativo y diseño experimental, comparó tres mezclas de sustratos frente a un testigo compuesto por arena de río y tierra negra: (1) arena de río, compost de cacao y cascarilla de arroz; (2) arena de río, tierra de bosque y cascarilla de arroz; y (3) arena de río, tierra negra y gallinaza. Se evaluaron variables como tasa de germinación, altura de plántulas y características fisicoquímicas de los sustratos (retención de humedad, aireación, pH y nutrientes), encontrándose que aquellos con mayor contenido de materia orgánica y mejor capacidad de retención de humedad lograron las tasas de germinación más altas y un mejor desarrollo inicial de las plántulas. (Zabala, 2024).

5. Justificación:

El uso eficiente del agua en la agricultura es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los cultivos. En el caso del cacao, mejorar las condiciones de germinación mediante un riego más preciso puede traducirse en:

- Mayor porcentaje de semillas germinadas.
- Reducción del tiempo de emergencia.
- Plántulas más vigorosas y uniformes.
- Disminución en el consumo de agua durante la fase crítica.

Este proyecto busca aportar evidencia práctica y cuantitativa que permita valorar la implementación de tecnologías de riego inteligente en viveros y parcelas de cacao, fomentando una producción más eficiente y sostenible mediante la introducción de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT).

La aplicación de tecnologías al sector agropecuario es un aspecto clave promovido institucionalmente en las UTS y aporta a las líneas de investigación del programa de Telecomunicaciones al formular solución a problemas del entorno para aumentar la productividad de cultivos de cacao en la región.

6. Marcos referenciales:

Los siguientes fundamentos están relacionados al desarrollo de este trabajo de grado:

1. Germinación de plantas, específicamente de cacao
2. Variables que afectan el desarrollo de plántulas de cacao
3. Sistemas de riego automático
4. Internet de las cosas
5. Dispositivos programables
6. Lenguaje Arduino.

7. Objetivo general y objetivos específicos:

Desarrollar un sistema de riego automático mediante dispositivos IoT programables en el proceso de germinación de plántulas de cacao para medir su efectividad con respecto al método de riego tradicional en la una finca de la vereda el Ramo del municipio de San Vicente de Chucurí.

- Identificar qué condiciones de crecimiento son necesarias para una correcta germinación y desarrollo inicial de plántulas considerando la variedad de cacao de la zona y la investigación con entes del agro o información relacionada.
- Desarrollar un sistema de riego automatizado que mida las condiciones de crecimiento más importantes para las plántulas de cacao comparando tasa de germinación y crecimiento de las plántulas con un riego tradicional en un escenario real en la vereda el Ramo del municipio de San Vicente de Chucurí
- Registrar todos los datos de los dos semilleros en un servidor IoT y las actividades de riego automatizado propuestas para realizar un análisis comparativo durante y después de la germinación de las semillas para medir diferencias, falencias y posibles mejoras en los dos sistemas desarrollados.

8. Metodología:

El proyecto se desarrollará en cinco fases principales durante 22 semanas, integrando actividades técnicas, experimentales y de análisis.

Fase 1. Revisión y preparación

Se realizará una revisión bibliográfica sobre germinación de cacao, sistemas de riego y tecnologías IoT. Con base en esta información se definirán los parámetros de medición y los requerimientos técnicos del prototipo. Paralelamente, se llevará a cabo el acondicionamiento del área de estudio en la vereda El Ramo, incluyendo la adecuación del terreno para los dos semilleros comparativos (tradicional e IoT).

Fase 2. Adquisición de materiales e instalación del sistema

Se realizará la compra de sensores, dispositivos IoT, materiales de riego y elementos del semillero. Luego se procederá a la instalación del sistema IoT: configuración del microcontrolador, integración de sensores de humedad y temperatura, conexión de electroválvulas y calibración del sistema automático de riego. Se establecerá también el servidor IoT para la recolección y almacenamiento de datos.

Fase 3. Implementación del experimento

Se efectuará la siembra de las semillas de cacao en ambos sistemas: riego tradicional y riego automatizado. Durante esta fase el sistema IoT entrará en operación, regulando el riego según las condiciones registradas por los sensores.

Fase 4. Recolección y monitoreo de datos

Se recopilarán continuamente datos ambientales y de suelo mediante el sistema IoT, así como información manual del semillero tradicional. Se registrarán la tasa de germinación, tiempo de emergencia, vigor de las plántulas y consumo de agua en ambos métodos. La información recolectada será organizada y preparada para el análisis comparativo.

Fase 5. Análisis y elaboración del informe final

Se analizarán las diferencias entre ambos métodos, identificando ventajas, limitaciones y posibles mejoras. Finalmente, se elaborará el documento del trabajo de grado, se realizará la sustentación y se entregará la versión final para evaluación institucional.

9. **Avances realizados**:

Hasta el momento se ha avanzado satisfactoriamente en las fases 1 y 2 del proyecto. En la Fase 1 se completó la revisión bibliográfica relacionada con la germinación del cacao, los factores ambientales clave y las tecnologías IoT aplicadas a sistemas de riego, permitiendo definir los parámetros de medición y los requerimientos técnicos del prototipo. Asimismo, se realizó el acondicionamiento inicial del área de trabajo en la vereda El Ramo, preparando el espacio para la instalación de los semilleros. En la Fase 2 se adquirieron los materiales y equipos necesarios —sensores, microcontrolador, electroválvulas, tuberías y demás elementos— y se inició la instalación y configuración del sistema IoT, integrando los sensores y los componentes de riego para dejar el prototipo funcional y listo para la etapa de siembra.

10. Resultados esperados:

- Prototipo de riego automatizado basado en IoT para germinación de plántulas de Cacao
- Análisis comparativo de las variables humedad, temperatura u otras de los dos métodos de germinación implementados considerando el espacio temporal del proceso de germinación de semillas
- Análisis comparativo de desarrollo de las plántulas de caca considerando su vigor y rapidez en la germinación.

11. Cronograma:

Actividad (Semanal)	Fase 1				Fase 2					Fase 3					Fase 4				Fase 5			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Revisión bibliográfica																						
Actividad 1- Acondicionamiento del lugar																						
Actividad 2- Compra de materiales																						
Actividad 3- Instalación sistema IoT																						
Actividad 4- Siembra																						
Actividad 5- Recolección de información																						
Entrega del documento Final para evaluación																						
Sustentación del trabajo de grado																						
Entrega final																						

12. Bibliografía:

Acosta, A. (2013). *EFECTO DEL SULFATO DE CADMIO EN LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CACAO.* Tingo María, Huánuco. Obtenido de https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/77

Agudelo, A. (s.f.). Obtenido de https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/193

Boroughs, H. (1962). *Factores que afectan la germinación del cacao.* Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Obtenido de https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/13838

Eloy, L., & Gil, A. (2017). *Características germinativas de semillas de Cacao.* Trujillo, Perú. Arnaldoa. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a12v24n2.pdf

Flores, J. (2015). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE GERMINACIÓN DE TRES CLONES DE CACAO (Theobroma cacao L.) PARA SER USADO COMO PATRÓN BAJO LA CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL DISTRITO DE*

MANANTAY-UCAYALI. MANANTAY-UCAYALI. Obtenido de https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/520

Hernandez Arango, A. M. (2019). *Sistema de riego automatizado por micro aspersión para el cultivo de cacao en el Municipio de Cabuyaro, Meta.* Cabuyaro, Meta. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/items/f0602e19-6d32-4170-9bd9-3a532d426b50?utm

Maldonado, G. (s.f.). Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57106?utm_source

Mendez, I. (2001). *Efecto de la deshidratación sobre la germinación del litchi.* Zamorano. Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2799

Piñuela, J. R. (2001). *Efecto de la pérdida de humedad en la germinación de semillas de alupay (Euphoria didyma Blanco).* El Zamorano, Honduras . Obtenido de https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1470

Zabala, S. (2024). *Análisis comparativo del efecto de tres sustratos, sobre la germinación de Cacao (Teobroma cacao v. Amanavén) bajo condiciones de vivero.* Monografia, Uniminuto, Inírida Guainía. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/16e6c3af-55e1-47cc-9727-c3689f5667ac/content

*** Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)**
**** PA: Proyecto de Aula; PI: Proyecto Integrador; TI: Trabajo de Investigación**